

**Massa de forragem, valor nutritivo do pasto e
características dendrométricas em sistemas silvipastoris,
com duas densidades de plantio de árvores de eucalipto**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
37**

**Massa de forragem, valor nutritivo do
pasto e características dendrométricas em
sistemas silvipastoris, com duas densidades
de plantio de árvores de eucalipto**

**Forage mass, nutritive value of pasture and
dendrometric characteristics in silvopastoral systems,
with two densities of eucalyptus trees planting**

Autores

Domingos Sávio Campos Paciullo
Mirton José Frota Morenz
Marcelo Dias Müller
Leonardo Henrique Ferreira Calsavara
Sérgio Rustichelli Teixeira
Carlos Eugênio Martins

***Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2018***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom
Bosco
CEP: 36038-330 – Juiz de Fora/MG
Telefone: (32)3311-7400
Fax: (32)3311-7424
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade
Responsável

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretária-Executiva
Inês Maria Rodrigues

Membros
*Jackson Silva e Oliveira, Leônidas Paixão
Passos, Alexander Machado Auad, Fernando
Cesár Ferraz Lopes, Francisco José da Silva
Lédo, Pérsio Sandir D'Oliveira, Fábio Homero
Diniz, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Nivea
Maria Vicentini, Leticia Caldas Mendonça, Rita
de Cássia Bastos de Souza, Rita de Cássia
Palmyra da Costa Pinto, Virgínia de Souza
Columbiano Barbosa*

Supervisão editorial
Domingos Sávio Campos Paciullo

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues

Tratamento das ilustrações e editoração
eletrônica
Carlos Alberto Medeiros de Moura

Capa
Maria Fernanda Noronha Abrahão Machado

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
On line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Massa de forragem, valor nutritivo do pasto e características dendrométricas em
sistemas silvipastoris, com duas densidades de plantio de árvores de eucalipto
= Forage mass, nutritive value of pasture and dendrometric characteristics in
silvopastoral systems, with two densities of eucalyptus trees planting. / Domingos
Sávio Campos Paciullo... [et al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2018.
21 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

ISSN 0104-9046

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Características silviculturais. 3. Massa de forragem. 4.
Proteína bruta. 5. Sombreamento. I. Paciullo, Domingos Sávio Campos. II. Morens,
Mirton José Frota. III. Müller, Marcelo Dias. IV. Calsavara, Leonardo H. F. V. Teixeira,
Sérgio Rustichelli. VI. Martins, Carlos Eugênio. VII. Série.

CDD 634.99

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Conclusões.....	19
Agradecimentos.....	19
Referências	19

Massa de forragem, valor nutritivo do pasto e características dendrométricas em sistemas silvipastoris, com duas densidades de plantio de árvores de eucalipto

Forage mass, nutritive value of pasture and dendrometric characteristics in silvopastoral systems, with two densities of eucalyptus trees planting

Domingos Sávio Campos Paciullo¹

Mirton José Frota Morenz²

Marcelo Dias Müller³

Leonardo Henrique Ferreira Calsavara⁴

Sérgio Rustichelli Teixeira⁵

Carlos Eugênio Martins⁶

Resumo: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de duas densidades de plantio de árvores sobre a massa de forragem, composição química e digestibilidade *in vitro* da MS do capim-marandu sob pastejo em sistemas silvipastoris. Foram avaliadas também algumas características dendrométricas do componente arbóreo. As densidades de plantio avaliadas foram: 222 árvores/ha (arranjo com duas linhas, no espaçamento de (5 x 2) + 40 m e 417 árvores/ha (arranjo de três linhas, no espaçamento de (3 x 2) + 30 m. Durante o inverno e o outono, a maior densidade de árvores reduziu a massa de forragem do pasto, mas nenhum efeito foi observado na primavera/verão. O efeito das árvores foi mais fortemente observado na faixa de pasto mais próxima do renque de árvores, sendo negativo sobre a massa de

¹Agrônomo, D.Sc. em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite

²Zootecnista, D.Sc. em Produção Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite

³Engenheiro Florestal, D.Sc. em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite

⁴Administrador, M.Sc. em Bioengenharia, extensionista agropecuário da Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

⁵Zootecnista, Ph.D. em Agricultural Extension, pesquisador da Embrapa Gado de Leite

⁶Agrônomo, Ph.D. em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pesquisador da Embrapa Gado de Leite

forragem e positivo sobre os teores de proteína bruta da forragem. Os teores de fibra e a digestibilidade da forragem não foram influenciados pelos fatores estudados. A maior densidade arbórea não interferiu na massa de forragem durante o período de maior crescimento da forrageira (primavera/verão). Provavelmente, o espaçamento entre renques de 30 m, tenha sido suficiente para diminuir a competição por luz entre os componentes arbóreo e forrageiro na primavera/verão. A variação na área basal total de árvores (m^2/ha) foi a característica dendrométrica que apresentou maior associação com a massa de forragem.

Termos para indexação: *Brachiaria brizantha*, características silviculturais, digestibilidade da matéria seca, massa de forragem, proteína bruta, sombreamento

Massa de forragem, valor nutritivo do pasto e características dendrométricas em sistemas silvipastoris, com duas densidades de plantio de árvores de eucalipto

Forage mass, nutritive value of pasture and dendrometric characteristics in silvopastoral systems, with two densities of eucalyptus trees planting

Abstract – This work was carried out with the objective of evaluating the effect of two tree planting densities on forage mass, chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of Marandu grass (*Brachiaria brizantha*), under grazing in silvopastoral systems. In addition, some dendrometric characteristics of the tree component were evaluated. The plant densities were 222 trees/ha (arrangement with two lines, with a spacing of $(5 \times 2) + 40$ m and 417 trees/ha (arrangement with three lines, with spacing of $(3 \times 2) + 30$ m. During winter and autumn, the higher density of trees reduced forage mass, but no effect was observed in spring and summer. The effect of the trees was more strongly observed in the pasture range closer to the tree lines, being negative on the forage mass and positive on the crude protein contents. The fiber content and forage digestibility were not influenced by the factors studied. The higher tree density did not interfere in the forage mass during the period of higher forage growth (spring/summer). Probably, the distance between tree rows of 30 m, was enough to diminish the competition for light between the trees and forage components in spring/summer. From the dendrometric variables evaluated, the total basal area (m^2/ha) was the one with the highest association with forage mass.

Index terms: *Brachiaria brizantha*, crude protein, silvicultural characteristics, dry matter digestibility, forage mass, shading

Introdução

As pastagens degradadas representam um problema que afeta negativamente a pecuária em várias regiões do Brasil e têm causado sérios prejuízos econômicos e ambientais. A baixa capacidade produtiva e o pobre valor nutricional da forragem têm tido um reflexo negativo na capacidade de suporte das pastagens e no desempenho de animais em regime de pastejo.

A adoção de modelos de produção sustentáveis se constitui em passo importante para reverter o processo de degradação das pastagens e de decadência econômica de sistemas de produção animal. Atualmente os sistemas agrossilvipastoris têm sido reconhecidos como alternativa para superar os problemas da baixa produção pecuária (Santos et al., 2006). No entanto, a adoção desses modelos de sistemas de produção ainda depende de avaliações sobre fatores que podem influenciar sua eficiência. Diversos autores destacaram que estes sistemas representam uma alternativa de uso sustentável do solo, na medida em que proporcionam proteção do solo contra a erosão, conservação da água, manutenção do ciclo hidrológico e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumentos do valor nutricional da forragem (Xavier et al., 2014; Paciullo et al., 2017; Lopes et al., 2017; Faria et al., 2018) e do conforto térmico animal (Paes Leme, et al., 2005), melhorias no desempenho de bovinos criados a pasto (Paciullo et al., 2011) e benefícios socioeconômicos, tais como diversificação da produção e da renda (Müller et al., 2011).

O alcance desses benefícios depende de conhecimento detalhado das interações entre as espécies vegetais e os animais, da densidade e do arranjo de árvores e das características do solo e da raça de bovinos usados no sistema. A maioria dos estudos com gramíneas tropicais têm mostrado redução na produção de forragem em plantios com maior densidade de árvores e sob sombreamento intenso, em razão da acentuada diminuição das taxas fotossintéticas das gramíneas de ciclo C_4 (Devkota et al., 2009, Santos et al., 2016). Entretanto, em condições de sombreamento tem sido verificado aumento dos teores de proteína bruta da forragem (Lopes et al., 2017, Faria et al., 2018), enquanto os teores de fibra e a digestibilidade não apresentam padrão definido de resposta à sombra (Sousa et al., 2009; Neil et al., 2016, Lopes et al., 2017).

Em sistemas agrossilvipastoris cujo arranjo espacial preconiza a disposição das árvores em linhas ou renques com mais de uma linha é possível supor que exista um gradiente de influência das árvores sobre o pasto, à medida que se distancia do tronco das mesmas. De fato, embora a influência do componente arbóreo nas características do pasto se concentre principalmente sob as copas das árvores, os efeitos do sombreamento podem alcançar regiões localizadas além da projeção das copas (Paciullo et al., 2011b). O conhecimento desse efeito é importante no planejamento de sistemas agrossilvipastoris, no que se refere ao espaçamento entre faixas de árvores, a fim de se obter o máximo benefício da inclusão de espécies arbóreas em pastagens de gramíneas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de duas densidades de plantio de árvores sobre as características silviculturais, a massa de forragem, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da MS do capim-marandu, manejado sob pastejo em sistemas silvipastoris.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma propriedade particular, no município de Coronel Xavier Chaves, MG, durante os anos de 2016 e 2017. As coordenadas do local são 21°1'25" S e 44°13'23" W e a altitude média é de 931 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico). A média histórica de precipitação pluviométrica mensal é de 217 mm na primavera/verão, 91 mm no outono e 15,6 mm no inverno. A média histórica de temperatura diária média do ar é de 21,9 °C na primavera/verão, 18,5 °C no outono e 17,3 °C no inverno.

O sistema silvipastoril foi implantado na época chuvosa de 2011/2012, com plantio da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Eucalyptus urograndis* clone GG157. Foram estabelecidas duas densidades de plantio das árvores, com renques de duas ou três linhas. No arranjo com duas linhas foi usado o espaçamento (5 x 2) + 40 m, com total de 222 árvores/ha e área ocupada pelas faixas dos renques de 15,6%. No sistema de três linhas, o espaçamento foi de (3 x 2) + 30 m, com 417 árvores/ha e área ocupada pelas faixas dos renques de 22,2%. Os renques de árvores foram estabelecidos no alinhamento leste/oeste.

A forma de plantio de cada arranjo estrutural, para obtenção das duas densidades, está representada esquematicamente pela Figura 1 e a vista da copa das árvores a partir do nível do solo está ilustrada na Figura 2.

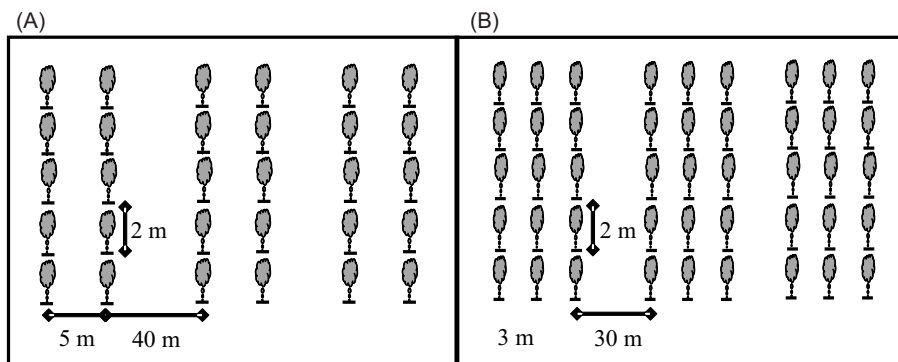


Figura 1. Representação esquemática dos arranjos/densidade de plantio dos sistemas silvipastoris. (A) Densidade de 222 árvores/ha e (B) Densidade de 417 árvores/ha.

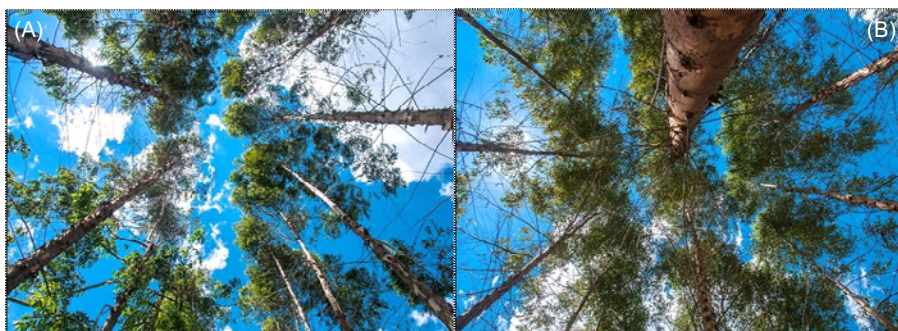


Figura 2. Vista da copa das árvores de eucalipto, a partir do nível do solo, destacando os arranjos com duas (A) ou três (B) linhas de árvores.

As pastagens foram manejadas com vacas em lactação, no regime de lotação rotacionada, com períodos de descanso de 24-28 dias e de ocupação do piquete de 3-5 dias, dependendo da época do ano. As alturas médias do dossel nos momentos de entrada e saída dos animais do piquete foram de 35 e 20 cm, respectivamente. Os piquetes apresentavam área de um hectare. Depois do estabelecimento as pastagens não receberam adubação. A composição genética das vacas variava de 7/8 a 31/32 Holandês x Zebu. A produção de leite média foi de 19,5 kg/vaca/dia. Os animais receberam entre 5 e 8 kg/vaca/dia de suplemento concentrado (24% de PB), dependendo do nível de produção de leite. Durante a época seca do ano (final de outono,

inverno e início de primavera) as vacas receberam, além da ração concentrada, suplementação volumosa, constituída de silagem de milho e silagem de *Cynodon* sp.

A área foi dividida em três blocos, cada um constituído por dois renques de árvores. As amostragens do pasto ocorreram no inverno (2016), primavera/verão (2016/2017) e outono (2017), sempre antes da entrada dos animais no piquete. Duas amostras foram coletadas na faixa central do entre-renques e duas na faixa de quatro metros de distância de cada renque. O objetivo dessa sistematização foi observar os efeitos das árvores na região mais próxima e mais distante dos renques. As amostras foram cortadas com auxílio de um cutelo, a uma altura de 5 cm acima do nível do solo. As amostras foram levadas ao laboratório, onde foram pesadas, sendo, em seguida, levadas à estufa para pré-secagem, à temperatura de 55 °C, por 72 horas. Depois de secas, as amostras foram novamente pesadas para estimativas da massa de forragem. O cálculo da massa de forragem foi realizado considerando que na área física ocupada pelo renque de árvores não havia pasto ou a quantidade era desprezível. Sendo assim, foi descontado da área de pastagem a fração ocupada pelo renque de árvores em cada tratamento.

Depois de secas, as amostras foram moídas em moinho com peneira com abertura de malhas de 1 mm e analisadas quanto aos teores de nitrogênio (AOAC, 1990), sendo a proteína bruta (PB) calculada pelo teor de nitrogênio multiplicado por 6,25; fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo Tilley e Terry (1963).

De forma complementar, foram tomadas medidas de variáveis dendrométricas das árvores, a fim de proporcionar o entendimento do impacto de cada densidade de plantio nas variáveis do pasto. Em cada espaçamento foram estabelecidas cinco parcelas sendo que, no arranjo de linhas duplas, cada parcela foi formada por 10 plantas (cinco em cada fileira) e no arranjo de linhas triplas cada parcela foi formada por 12 plantas (quatro em cada fileira). Foram medidas as circunferências à altura do peito, com o auxílio de uma fita métrica, e a altura total das árvores, com o auxílio de um clinômetro de bolha em cada parcela. A partir desses dados foram calculadas a área basal individual e a área basal total.

A área basal foi expressa em $\text{m}^2/\text{árvore}$ ou m^2/ha e, por definição, representa a densidade de um povoamento indicando o grau de ocupação de uma determinada área pelo componente florestal (Soares et al., 2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o programa Sisvar, considerando o efeito de arranjo das árvores, local de amostragem e época do ano e suas interações. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A massa de forragem estimada neste estudo representou todos os componentes do pasto (folha, colmo e material morto), portanto os valores expressam a massa de forragem total. As interações estação do ano x densidade de plantio e local de amostragem x densidade de plantio influenciaram ($P < 0,05$) a massa de forragem. Os maiores valores foram obtidos no inverno, independentemente da densidade (Tabela 1). Este resultado parece contraditório, considerando as melhores condições para crescimento das plantas na primavera/verão, ou mesmo no outono. Duas questões podem explicar este resultado. Primeiro, as amostras de massa de forragem foram constituídas por todos os componentes do pasto, inclusive material morto. Este último apresenta, frequentemente, elevado teor de matéria seca e, portanto, quando presente em grande proporção do pasto, pode elevar o teor de matéria seca, e, conseqüentemente, o peso da massa seca de forragem (Paciullo et al., 2003). Por observações visuais, constatou-se uma quantidade elevada de material morto na forragem durante o inverno, o que contribuiu para o alto teor de MS da forragem nesta estação. Este fato pode ser confirmado, quando se analisa os teores médios de MS da forragem de cada época do ano. Durante o período de primavera/verão foram encontrados teores de MS de 28%; no outono, os teores foram de 38% e, no inverno, os teores subiram para 42%. Portanto, calcula-se aumento de 50% no teor de MS obtido no inverno, comparado ao do verão. Este fato justificaria as elevadas massas secas de forragem estimadas no inverno. Reforça essa justificativa o fato de que durante o inverno as vacas leiteiras foram suplementadas com silagem de milho, fazendo com que parte considerável da dieta dos animais fosse suprida pela suplementação volumosa. Ainda que a produção de forragem

tenha sido menor no inverno, devido as piores condições climáticas, a pressão de pastejo foi reduzida, favorecendo a manutenção de alta massa de forragem, com elevada participação de material morto e alto teor de MS.

Tabela 1. Massa de forragem (kg/ha de MS) de *Brachiaria brizantha* em duas densidades de plantio de árvores em sistemas silvipastoris, conforme a estação do ano.

Estação do ano	Densidade de plantio (árvores/ha)	
	222	417
Inverno	3.860 ^{Aa}	3.261 ^{Ab}
Primavera/verão	2.185 ^{Ca}	2.257 ^{Ba}
Outono	2.922 ^{Ba}	2.076 ^{Bb}

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

A menor densidade de plantio proporcionou maior massa de forragem no inverno e no outono (Tabela 1). Poder-se-ia esperar maiores massas na menor densidade também durante a primavera/verão, quando as condições climáticas estão mais favoráveis ao crescimento do pasto. Entretanto, é provável que a distância entre renques de 30 m, para a densidade de 417 árvores/ha, já estivesse suficientemente grande para permitir incidência de radiação semelhante àquela do sistema com menor densidade, pelo menos na maior parte da área do piquete. Isso pode ser respaldado pelo fato de que a influência das árvores ocorreu somente na região mais próxima dos renques, uma vez que na faixa central do piquete não houve diferença entre as massas de forragem dos dois arranjos (Tabela 2).

Tabela 2. Massa de forragem (kg/ha de MS) de *Brachiaria brizantha* em duas densidades de plantio de árvores em sistemas silvipastoris, conforme o local de amostragem.

Local de amostragem	Densidade de plantio (árvores/ha)	
	222	417
Próximo ao renque de árvores	2.811 ^{Ba}	2.157 ^{Bb}
Faixa central do piquete	4.139 ^{Aa}	4.352 ^{Aa}

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Quando se avaliou o local de amostragem, observou-se que a massa de forragem foi maior na faixa central do piquete do que na faixa próxima aos renques de árvores, independentemente da densidade de plantio das árvores. Isto pode ser explicado pela maior incidência de radiação no centro do piquete do que na faixa mais próxima das árvores. Os resultados de Paciullo et al. (2011) revelaram um padrão de aumento da incidência de radiação e de acúmulo de forragem no pasto, à medida que se afasta do renque de árvores em direção ao centro do piquete, o que respalda os resultados encontrados neste estudo. É de interesse também a constatação

de que a magnitude das diferenças entre as massas de forragem obtidas no centro do piquete e próximo dos renques variou com a densidade de plantio. Na densidade com 222 árvores, a massa de forragem foi 47% maior na faixa central do que na faixa próxima dos renques, e na densidade de 417 árvores, essa diferença foi de 101%, evidenciando que a linha adicional de árvores contribuiu para o efeito mais severo da sombra no crescimento do pasto próximo do renque. Entre os dois arranjos de plantio a diferença de massa de forragem próxima ao renque de árvores foi de 23%.

Com relação às variáveis dendrométricas estudadas, nota-se que, considerando a avaliação por árvore, o arranjo em linhas duplas proporcionou maiores valores para área basal individual e altura total, o que pode ser atribuído ao maior espaço entre plantas, bem como à menor densidade de plantas por hectare (222 árvores/ha), o que significa menos competição entre os indivíduos. Em termos de povoamento, o arranjo de plantio com linhas triplas (417 árvores/ha) proporcionou área basal por hectare 25,5% maior do que o arranjo em linhas duplas (222 árvores/ha), o que pode ser atribuído ao maior número de árvores por hectare naquele arranjo (Figura 3).

É importante notar que o arranjo em linhas duplas apresenta 47% menos árvores do que o arranjo em linhas triplas, entretanto ocupa uma área apenas 30% menor do que a ocupada pelo arranjo em linhas triplas (15,6% e 22,2%, respectivamente). A diferença de área basal total quando se comparam as duas densidades de árvores foi de 25% (8,8 e 11,8 m²/ha, para linhas duplas e triplas, respectivamente).

Estes números ajudam a explicar os resultados da Tabela 1, onde se observa uma diferença de 15,5% na massa de forragem no inverno, e 29,0% no outono, quando se desconta a área ocupada pelos renques de árvores. Da mesma forma, na Tabela 2, a diferença na massa de forragem nas áreas próximas aos renques de árvores foi de 23,3%. Nota-se assim, que a variação de 47% na densidade de árvores teve pouca relação com as variações na massa de forragem (entre 15,5% e 29,0%). Por outro lado, a área basal por hectare, com variação de 25% entre as densidades, foi a variável dendrométrica que guardou a melhor relação com a massa de forragem na pastagem, tendo em vista as variações de magnitudes semelhantes entre essas características.

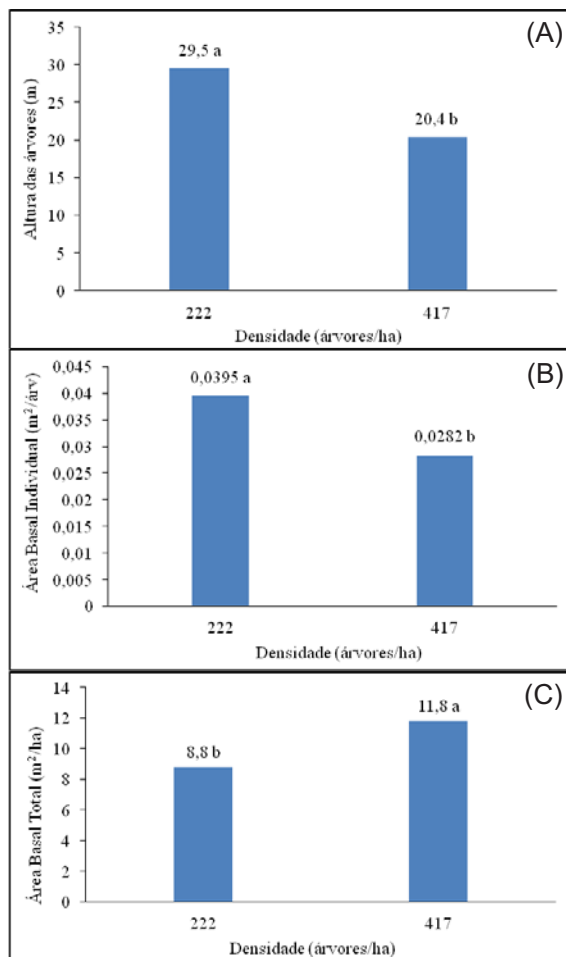


Figura 3. Altura total (A), área basal individual (B) e área basal total (C), em duas densidades de plantio de eucalipto em sistema silvipastoril.

Os teores de PB variaram com a estação do ano ($P < 0,05$) e com o local de amostragem ($P < 0,05$). Maiores teores de PB foram verificados na primavera/verão e menores no outono; no inverno os teores foram intermediários e simultaneamente iguais ao da primavera/verão e ao do outono (Tabela 3). O período de primavera/verão coincide com aquele com os maiores volumes de chuva na região onde o estudo foi realizado. A absorção de N pela planta ocorre pelo fluxo de massa, fenômeno dependente de água no solo. Maior teor de umidade no solo pode ter favorecido a maior absorção de N pela planta, o que ajuda a explicar os maiores teores de PB na primavera/verão.

Além disso, os maiores volumes de chuva na primavera/verão, associados ao aumento da temperatura do ar, provavelmente intensificaram a decomposição da matéria orgânica, promovendo maior disponibilização de N no solo. Conquanto essas justificativas respaldem os maiores teores na primavera/verão, elas não suportam a semelhança dos teores proteicos da primavera/verão e do inverno. Poder-se-ia esperar teor proteico significativamente menor no inverno, quando comparado à primavera/verão, tendo em vista a maior proporção de forragem morta no período de menor incidência de chuvas (inverno). Contudo, os teores de PB deste estudo estiveram muito abaixo do esperado para o capim-marandu, o que até certo ponto, pode ter reduzido a magnitude da diferença dos teores proteicos da forragem entre estações.

Tabela 3. Teores de proteína bruta (PB, % da MS) e coeficientes de digestibilidade in vitro da matéria seca (% DIVMS) de *Brachiaria brizantha* em sistemas silvipastoris, conforme a estação

Variável	Estação do ano			Local de amostragem	
	Inverno	Primavera/verão	Outono	Próximo ao renque de árvores	Faixa central do piquete
PB	5,7 ^{ab}	6,1 ^a	5,0 ^b	6,4 ^a	4,9 ^b
DIVMS	58,1 ^a	54,0 ^b	52,6 ^b	55,1 ^a	54,7 ^a

Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, comparando estação do ano ou local de amostragem, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Uma explicação para a menor concentração de PB no outono poderia estar ligada ao período de maior alongamento de colmo da planta, em virtude da passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo, concentrado principalmente no final do verão e início do outono (Valle et al., 2010). A mudança morfológica da planta, com aumento acentuado na proporção de colmos, com menores teores de PB, em relação às folhas, as quais são normalmente mais proteicas, contribuiu para a redução dos teores de PB na massa de forragem.

O teor de PB foi maior na região mais próxima das árvores do que na faixa central do piquete. Este resultado confirma a hipótese de que as árvores contribuem para melhoria do valor nutricional da forragem, via aumento dos teores de PB. O aumento do teor proteico nos locais próximos às árvores, onde o sombreamento é mais intenso, confirma resultados obtidos em outros trabalhos com gramíneas tropicais (Paciullo et al., 2014; Lopes et al., 2017; Faria et al., 2018). Este aumento pode estar relacionado à intensificação da degradação da matéria orgânica e da reciclagem de nitrogênio no solo sob influência do sombreamento (Wilson, 1996), fa-

vorecendo a disponibilização de nitrogênio no solo e sua absorção pelas plantas (Xavier et al., 2014). Outro mecanismo se baseia na teoria da diluição do nitrogênio e na proposição da existência de uma percentagem de nitrogênio ideal para determinado nível de produção de MS na planta (Leimare e Chartier, 1992). Dessa forma, plantas submetidas ao sombreamento reduzem seu crescimento e podem apresentar desbalanço na assimilação de carbono e nitrogênio, em função da absorção de nitrogênio exceder seus requerimentos metabólicos (Dale e Causton, 1992). A maior massa de forragem no centro do piquete (Tabela 1), provavelmente contribuiu para maior diluição e translocação do nitrogênio absorvido para as partes aéreas, em relação às plantas mais sombreadas, para as quais se observou menor massa de forragem e maiores teores de PB.

Como mencionado, os teores proteicos estão muito abaixo do esperado para capins do gênero *Brachiaria*, mesmo na região mais próxima das árvores. Em pastagens de *Brachiaria* spp. são comuns teores proteicos variando entre 8 e 12% da MS, dependendo das condições de manejo do pastejo, adubação, entre outros (Lopes et al., 2017; Moura et al., 2017; Faria et al., 2018). Dois fatores poderiam explicar os baixos valores. O primeiro está relacionado à composição morfológica da forragem analisada. As amostras foram obtidas por meio do corte da planta toda (corte a 5 cm de altura do nível do solo). Neste caso, os colmos, reconhecidamente de baixo teor proteico, constituíram parte das amostras analisadas para composição química, o que reduziu o teor de PB da forragem. O segundo fator está ligado à ausência de adubação nitrogenada de manutenção do pasto. A menor disponibilidade de N no solo contribuiu para os baixos teores de PB na forragem, mesmo em condições de sombreamento mais intenso, como nos locais mais próximos das árvores. Este fato evidencia que o efeito positivo do sombreamento de árvores nos teores de PB da forragem está condicionado à disponibilidade de N no solo. Este fato encontra respaldo nos resultados obtidos por Paciullo et al. (2017) e Faria et al. (2018), os quais demonstraram que o efeito positivo da sombra nos teores de proteína bruta da forragem é potencializado pelo aumento da quantidade de N no solo. Em sistemas constituídos por leguminosas arbóreas, o benefício das árvores pode ser maior, tendo em vista a possibilidade da fixação biológica do N e a subsequente disponibilização do N fixado biologicamente para a gramínea associada.

Os teores de FDN variaram ($P < 0,05$) com as interações estação do ano x local de amostragem e estação do ano x densidade de plantio (Tabela 4). Próximo ao renque de árvores houve diferenças nos teores de FDN, com maior valor no inverno, intermediário no outono e, menor na primavera/verão. Na faixa central do piquete, não houve diferença entre as estações. Quando comparados os locais de amostragem, nota-se que, com exceção do inverno, os teores foram maiores na faixa central do piquete, do que próximo ao renque.

Tabela 4. Teores de fibra em detergente neutro (% da MS) de *Brachiaria brizantha* em sistemas silvipastoris, conforme o local de amostragem e o arranjo de árvores.

Estação do ano	Local de amostragem		Densidade de plantio (árvores/ha)	
	Próximo ao renque de árvores	Faixa central do piquete	222	417
Inverno	70,4 ^{Aa}	69,6 ^{Aa}	70,5 ^{aA}	69,6 ^{aB}
Primavera/verão	66,4 ^{Bb}	71,2 ^{Aa}	69,6 ^{aA}	68,0 ^{aB}
Outono	69,8 ^{ABb}	73,4 ^{Aa}	69,8 ^{bA}	73,4 ^{aA}

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, comparando local de amostragem ou densidade de plantio, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Os teores de FDN não variaram com a estação na menor densidade de plantio, mas na maior densidade diferiram entre as estações, com maior teor no outono, quando comparado às outras estações. Entre as densidades de plantio, não foram observadas diferenças no inverno e na primavera/verão, enquanto maior valor foi obtido na densidade de 417 árvores/ha, em relação à de 222 árvores/ha.

Os coeficientes de DIVMS não variaram ($P > 0,05$) com a densidade de árvores, nem com o local de amostragem, mas foram maiores no inverno que nas demais estações (Tabela 3). Os efeitos das árvores sobre os coeficientes de DIVMS de forrageiras têm sido contraditórios. Por exemplo, Denium et al. (1996) observaram efeito positivo da sombra sobre a DIVMS de *Setaria anceps*, negativo em *Panicum maximum* e ausência de efeito em *B. brizantha*. Sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz) foram verificados decréscimos nos valores de digestibilidade de várias gramíneas forrageiras, mas em condições de sombra moderada (64% de transmissão de luz) essa característica aumentou em comparação ao observado nas gramíneas cultivadas à luz solar plena. Ausência de efeito do componente arbóreo sobre a digestibilidade do pasto também foi relatada por Sousa et al. (2009) e Paciullo et al. (2014), para *B. brizantha* e *B. decumbens*, respectivamente.

Conclusões

Durante o inverno e o outono, a maior densidade de árvores impacta negativamente na massa de forragem do pasto, mas nenhum efeito é observado no período de maior crescimento do pasto, ou seja, na primavera/verão. Atribui-se esse resultado ao espaçamento entre renques de 30 m, na maior densidade arbórea, o qual, provavelmente, foi suficientemente grande para evitar influência negativa do componente arbóreo na massa de forragem, quando comparado ao sistema com menor densidade de árvores. O efeito das árvores é mais fortemente observado na faixa de pasto mais próxima do renque de árvores, onde se observa redução da massa e aumento dos teores proteicos da forragem.

A associação entre a área basal total de árvores e a massa de forragem evidencia o potencial de uso desta variável dendrométrica como critério orientador de manejo do componente arbóreo, com vistas a se evitar redução severa de luminosidade para o pasto.

Agradecimentos

Trabalho vinculado ao projeto da Embrapa “Sistemas de Integração Lavoura-pecuária-floresta como alternativa para o desenvolvimento sustentável da bovinocultura leiteira em propriedades familiares em áreas montanhosas” – Código SEG: 06.13.11.001.00.00). Os autores agradecem ao CNPq e à Fapemig pela concessão de apoio financeiro para condução da pesquisa.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 1990. 15th ed. Richmond, 1298 p.

DALE, M. P.; CAUSTON, D. R. The ecophysiology of *Veronica chamaedrys*, *V. montana* and *V. officinalis*. IV. Effects of shading on nutrient allocations -a field experiment. **Journal of Ecology**, v. 80, p. 517-526, 1992.

DEINUM, B.; SULASTRI, R. D.; ZEINAB, M. H. J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). **Netherland Journal of Agriculture Science**, v.44, p. 111-124, 1996.

DEVKOTA, N. R.; KEMP, P. D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, I. K. D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, v. 76, p. 363-374, 2009.

FARIA, B. M.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; GOMIDE, C. A. M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 529-536, 2018.

LEMAIRE, G.; CHARTIER, M. Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorghum plants growing at different plant densities. In: LEMAIRES, G. (Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris: INRA – Station de physiologie des Plantes Fourragères, 1992. p. 3-43.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 225-233, 2017.

MOURA, A. M.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; TEIXEIRA, A. M.; PACIULLO, D. S. C.; JAYME, D. G.; MACHADO, F. S.; GOMIDE, C. A. M.; CAMPOS, M. M.; CHAVES, A. V.; GONÇALVES, L. C. Pasture productivity and quality of *Urochloa brizantha* cultivar Marandu evaluated at two grazing intervals and their impact on milk production. **Animal Production Science**, v. 57, p. 1384-1391, 2017.

MÜLLER, M. D.; NOGUEIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F.; CASTRO, R. V. O.; FERNANDES, E. N. Economic analysis of an agrosilvopastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1148-1153, 2011.

NEEL, J. P. S.; FELTON, E. E. D.; SINGH, S.; SEXSTONE, A. J.; BELESKY, D. P. Open pasture, silvopasture and sward herbage maturity effects on nutritive value and fermentation characteristics of cool-season pasture. **Grass and Forage Science**, v. 71, p. 259-269, 2016.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 421-426, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; MAURÍCIO, R. M.; PIRES, M. F. A.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, p. 166-172, 2011a.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011b.

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, p. 1264-1271, 2014.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, p. 590-600, 2017.

PAES LEME, T. M.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S. Comportamento de vacas mestiças holandes x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 668-675, 2005.

SANTOS, D. C. **Características do capim-piatã e desempenho de bovinos em sistemas silvipastoris no Cerrado brasileiro**. 2016. 81 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 276 p.

SOUSA, L. F. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo**. 2009. 166 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v. 18, p. 104-111, 1963.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010. p. 30-77.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, P. J.; LEWIS, J. B. A method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WILSON, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 47, p. 1075-1093, 1996.

XAVIER D. F.; LÉDO F. J. S.; PACIULLO D. S. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Nitrogen cycling in a *Brachiaria*-based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 99, p. 45-62, 2014.



Apoio



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO